
A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

SURSĂ REGLABILĂ DE TENSIUNE ÎN COMUTAȚIE

Ioan BACIU, Corina Daniela CUNȚAN

ADJUSTABLE IN COMMUTATION VOLTAGE SOURCE

The paper presents an adjustable in commutation self-oscillating voltage source which permits the control of the output voltage through a digital command. The command can be made from a PC or from a microcontroller module that controls a specialized integrated circuit, namely UC3842B. This forms variable duration pulses of the in commutation transistor according to the input signal.

The source has galvanic isolation in the feedback loop to assure safety.

Cuvinte cheie: sursă în comutaţie, comandă digitală, optocuplor, buclă de reacţie, conversie analog-numerică

Keywords: source commutation, the digital command, optocoupler, reaction, the conversion loop analog-digital

1. Introducere

Scopul unei surse de tensiune în comutaţie este de a furniza o tensiune stabilizată a unei sarcini rezistive variabile. Denumirea provine din faptul că în schema electrică a unei astfel de surse există un comutator electronic ce întrerupe periodic furnizarea curentului spre sarcină.

Funcţionarea normală şi corectă a oricărui aparat electronic necesită alimentarea acestuia de la surse de tensiune la care variaţiile tensiunii de alimentare să nu depăşească anumite limite, dependente de performanţele aparatului. Principala sursă de energie electrică folosită la alimentarea aparaturii electronice o constituie reţeaua de

curent alternativ [1]. Conversia energiei de curent alternativ în energie de curent continuu se realizează cu sisteme de redresare.

Stabilizarea unei tensiuni continue se poate asigura fie "înainte de redresor", menţinând constantă tensiunea alternativă de alimentare, fie "după redresor", intercalând între aceasta şi sarcina un subansamblu electronic denumit stabilizator de tensiune continuă, capabil să menţină între anumite limite tensiunea constantă. Stabilizatoarele din cea de-a doua categorie au căpătat cea mai mare răspândire, deoarece prezintă avantajul că menţin mai uşor tensiunea constantă la bornele sarcinii, indiferent de perturbaţiile care tind să o modifice.

Progresele tehnologice obţinute în domeniul semiconductoarelor de putere, de comutaţie, realizarea unor circuite magnetice capabile să funcţioneze la frecvenţe mari şi cu pierderi mici, au creat posibilitatea proiectării şi realizării unor stabilizatoare de tensiune continuă în comutaţie, care să satisfacă cerinţele impuse de greutate, volum, randament şi cost.

Stabilizatoarele de tensiune continuă cu circuit de reacţie au o structură mai complexă. Prin intermediul unei bucle de reacţie se asigură menţinerea constantă a tensiunii de la ieşire în concordanţă cu factorii perturbatori din reţea sau de la consumator.

2. Prezentarea lucrării

Subansamblurile ce intră în componenţa unui stabilizator în comutaţie (figura 1) evidenţiază modul de funcţionare a unei surse în comutaţie [1].

Tensiunea alternativă a reţelei este redresată, de obicei, printr-o punte redresoare. De remarcat că între reţeaua de curent alternativ şi stabilizator nu este prevăzut nici un transformator de separare. Tensiunea redresată este filtrată corespunzător până se asigură nivelul pulsaţiilor admis de celelalte părţi componente pentru funcţionarea corectă a acestora.

Tensiunea continuă alimentează elementul de comutaţie (de exemplu: tranzistor de putere), care la rândul său este comandat de un semnal rectangular de frecvenţă mare, care de obicei este de 20 kHz.

Tensiunea de formă dreptunghiulară se aplică unui transformator de putere, în secundarul căruia se obţine o tensiune de aceeaşi formă ca în circuitul primar cu amplitudine determinată de raportul de transformare. Transformatorul mai îndeplineşte şi rol de

element izolator între circuitele conectate la reţeaua de curent alternativ şi consumator [6].

Tensiunea alternativă, de formă rectangulară, este în continuare redresată şi filtrată şi constituie tensiunea de ieşire a stabilizatorului.

Pentru ca tensiunea să rămână constantă chiar dacă tensiunea reţelei se modifică sau dacă circuitul de sarcină îşi modifică valoarea, un eşantion din tensiunea de ieşire este preluat de circuitul de comandă şi control. Acest bloc are rolul de a compara tensiunea de reacţie cu o tensiune de prescriere şi să ajusteze pe baza rezultatului comparării durata de conducţie a elementului de comutare.

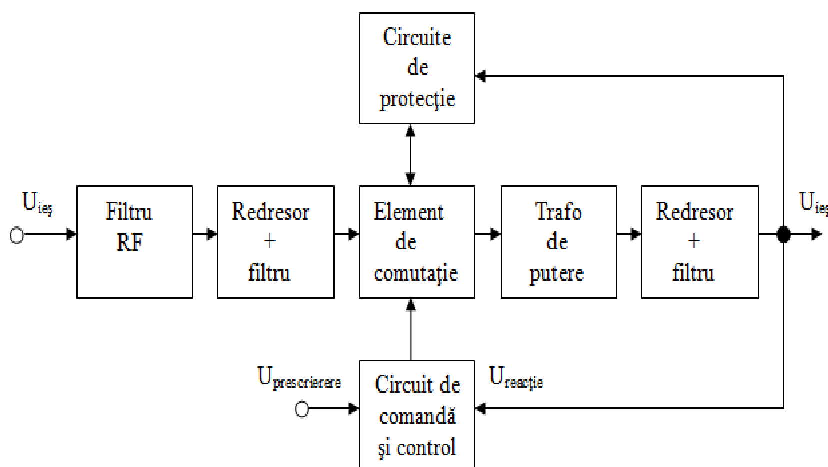


Fig. 1 Schema bloc a unui stabilizator de tensiune continuă în comutaţie

Întrucât elementul de comutare se află într-una din cele două stări distincte, conducţie respectiv blocare, tensiunea rezultată va avea un important conţinut de armonici superioare. Ele pot perturba alte echipamente aflate în apropierea stabilizatorului sau se pot propaga în reţeaua de alimentare. Pentru a împiedica pătrunderea în reţea a tensiunilor perturbatoare la intrarea stabilizatorului este obligatorie folosirea unui filtru (filtru de radiofrecvenţă) [2].

Stabilizatorul mai posedă circuite de protecţie care să-i asigure funcţionarea corectă în situaţii când curentul de sarcină depăşeşte o anumită limită, precum şi în cazul apariţiei unor supratensiuni accidentale.

Se cunosc din literatura de specialitate numeroase variante constructive adoptate pentru realizarea surselor de tensiune continuă în comutaţie (STCC). Analizând soluțiile constructive adoptate şi având în vedere tipul de circuit electronic utilizat ca element de comutaţie, STCC se pot clasifica astfel [1]:

- STCC de tip direct ("forward converter");
- STCC cu revenire ("flyback converter");
- STCC în contratimp ("push-pull converter").

În funcţie de natura consumatorului, de cerinţele impuse cu privire la asigurarea unui anumit grad de izolare galvanică faţă de reţeaua de alimentare, sursele se realizează sub forma:

a) STCC cu transformator de izolare;
b) STCC fără transformator de izolare.

Figura 2 redă cea mai simplă structură de stabilizator STCC "FLYBACK" cu izolare. Tranzistorul Q trebuie ales astfel încât să suporte tensiunea U_{CEmax} care poată să apară în timpul funcţionării, precum şi curentul maxim de colector [1].

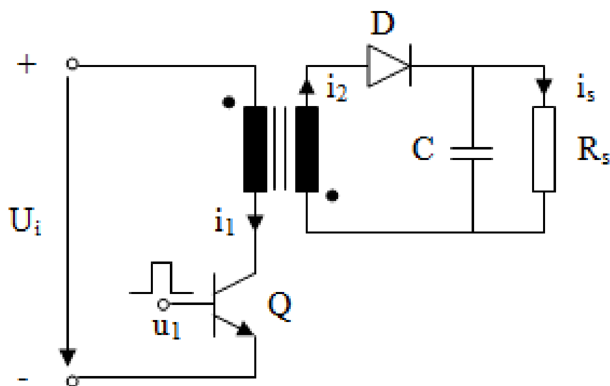


Fig. 2 STCC "flyback" cu izolare

Performanţele unei surse în comutaţie sunt puternic influenţate de comportarea transformatorului care intră în componenţa sursei. Cu toate progresele obţinute în miniaturizarea, sau chiar microminimizarea inductivităţilor, transformatorul unei surse în comutaţie rămâne partea cea mai voluminoasă şi cu masa cea mai mare. Pentru a obţine o sursă

cu dimensiuni cât mai mici, trebuie ales un regim de lucru cu o frecvenţă de comutaţie cât mai mare, fapt ce atrage după sine şi utilizarea unor componente feromagnetice de dimensiuni reduse. Această observaţie pune în evidenţă cerinţa ca proiectarea şi construirea transformatoarelor şi a bobinelor de filtraj să se facă cât mai corect.

Atunci când se proiectează o sursă în comutaţie trebuie să se decidă, de asemenea, ce tip de tranzistor se poate folosi: tranzistor bipolar sau MOSFET. Fiecare soluţie prezintă avantaje şi dezavantaje. Tranzistoarele bipolare, în prezent, sunt mai ieftine, în timp ce tranzistoarele MOSFET oferă soluţii mai simple pentru comandă. De asemenea, frecvenţa limită pentru tranzistoarele MOSFET este superioară faţă de cea a unui tranzistor bipolar [2].

Majoritatea surselor de putere în comutaţie au în componenţa lor circuite electronice la ieşirea cărora tensiunea este modulată în durată. Utilizând procedeul de modulaţie în durată (MD) se poate modifica timpul de conducţie al tranzistoarelor de putere ce îndeplinesc funcţia de comutator şi, prin urmare, se poate modifica valoarea medie a tensiunii de ieşire. Acest procedeu se pretează la realizarea unei surse în comutaţie cu buclă de reglare, pentru că permite creşterea stabilităţii tensiunii de ieşire faţă de variaţiile tensiunii de intrare, faţă de temperatură [3].

Familia de controllere UC384xB oferă caracteristicile necesare pentru implementarea offline sau a curentului discontinuu cu scheme de control cu un minimum de părți externe pentru un regim de curent cu frecvente fixe. Circuitele interne implementate includ un oscilator echilibrat pentru controlul ciclului de serviciu sub blocarea de curent la un curent de pornire de mai mic de 0,5 mA, o referință de precizie echilibrată pentru corectitudine la eroarea de intrare a amperajului, pentru a asigura operarea, un comparator PWM care asigură controlul limitării de curent, şi o fază de ieşire a porţii TTL-ului care se comportă ca un amplificator de putere pentru a coborî vârfurile înalte de curent. Faza de ieşire, potrivită pentru a conduce canalele - N ale MosFet-ului sunt scăzute în faza off [3].

Diferenţele dintre membrii acestei familii sunt intrările blocajelor de sub-tensiune şi durata ciclurilor de serviciu. UC3842B şi UC3844B au intrări USLVO de 16 V (pornit) si 10 V (oprit), ideale pentru operatiunile offline [7].

Caracteristici:

- oscilator echilibrat pentru control precis al frecvenţei;
- frecvenţa oscilatorului garantată la 250 kHz;

- operarea regimului de curent la 500 kHz;
- alimentare automata înaintea compensării;
- blocarea tensiunii mici cu histereză;
- curent mic de pornire şi operare.

Sursa de tensiune (figura 3) permite obţinerea la ieşire a două tensiuni stabilizate de 5 V respectiv de 12 V.

Comutatorul de putere face ca inducţanţa primară din transformatorul de flyback să fie alimentată cu sursa de tensiune Vin când este pornit.

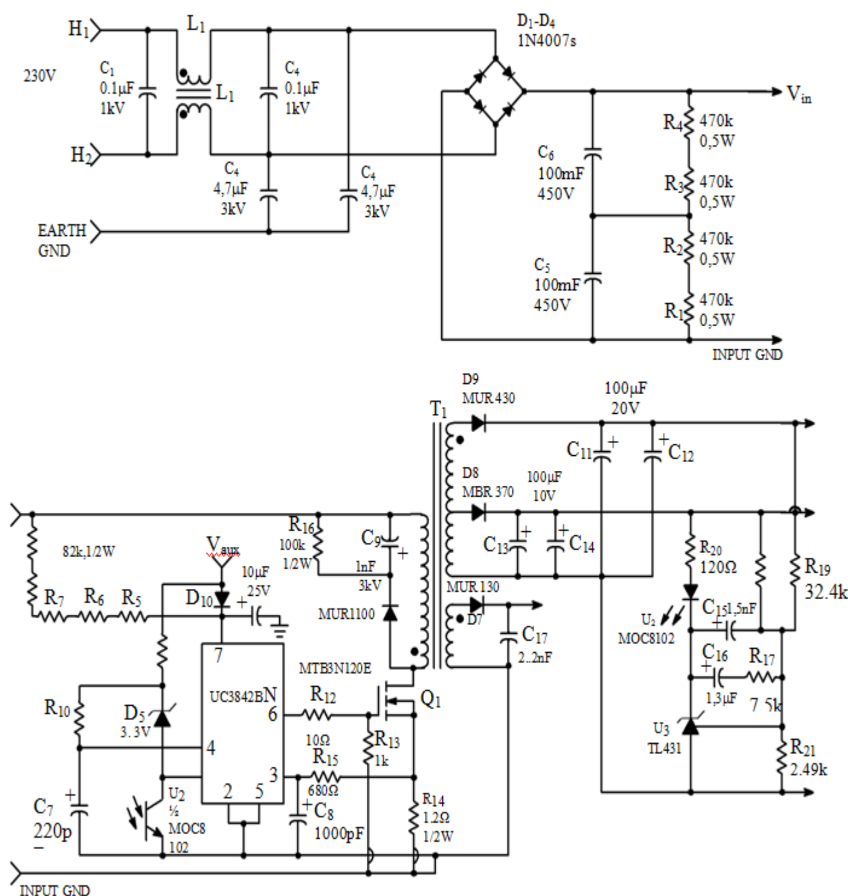


Fig. 3 Schema sursei în comutaţie

Secundarul este deconectat datorită diodei D care este în conducţie indirectă. Curentul din înfăşurarea primară ia forma de rampă lineară care porneşte de la 0 A până la maximul dat de formula [2]:

$$I_{pk} = \frac{V_{in} T_{on}}{L_{pri}} \tag{1}$$

Curba de creştere a curentului de rampă este Vin/Lpri.

Topologia flyback, ca și convertoarele boost-mode folosesc principiul stocării energiei în materialul transformatorului. Energia stocată în timpul fiecărei perioade de conducţie este [2]:

$$E_{sto} = \frac{L_{pri} i_{pk}^2}{2} \tag{2}$$

$$P_{out} \le \frac{F_{op} L_{pri} i_{pk}^2}{2} \tag{3}$$

Pentru obţinerea unei tensiuni reglabile se aduce de la un calculator, prin intermediul unui circuit de interfaţă, a unui semnal de comandă ce modifică durata de încărcare a condensatorului formator de impulsuri conectat la pinul 4 a circuitului integrat de tip UC 3842B.

Funcţionarea sursei este clasică, cu protecţie pe ieşire cu optocuplor ce blochează transmiterea impulsurilor de comandă la tranzistorul comutator de tip MOS (MTB3N120E) la dispariţia tensiunii la ieşire sau la scurtcircuit, precum şi realizarea circuitului de întârziere la pornire. Are prevăzute filtre de înaltă frecvenţă atât la ieşire cât şi la intrare, alimentare directă cu punte redresoare şi circuite de filtrare precum şi circuit de reacţie de tensiune pentru reglarea impulsului de comandă la tranzistorul comutator.

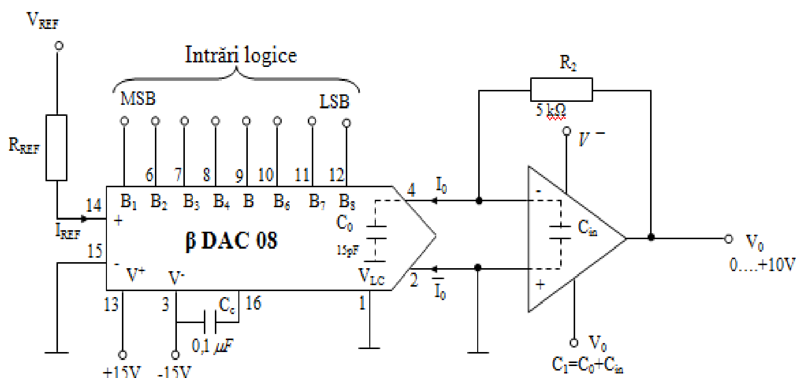


Fig. 4 Schema electrică cu convertor curent-tensiune la ieşire

Circuitul de interfaţă cu PC se conectează la portul paralel şi conţine un bloc de conversie digital-analogic cu DAC 08 şi un convertor curent-tensiune cu amplificator operaţional (figura 4) [5].

Ieşirea acestui circuit se trece printr-un circuit de separare galvanică (figura 5) cu optocuplor şi circuit de extensie a domeniului de variaţie a tensiunii de ieşire pentru a permite reglarea curentului de încărcare a condensatorului formator de impulsuri [6].

Circuitul de interfaţă comandă direct încărcarea condensatorului dar se poate adapta şi o buclă de reacţie pentru controlul automat al comenzii de reglare a tensiunii de ieşire aducând de la ieşire printr-un convertor analog-digital a unei mărimi direct proporţionale cu tensiunea de ieșire. În acest fel se realizează prin soft o reglare continuă a tensiunii de ieşire.

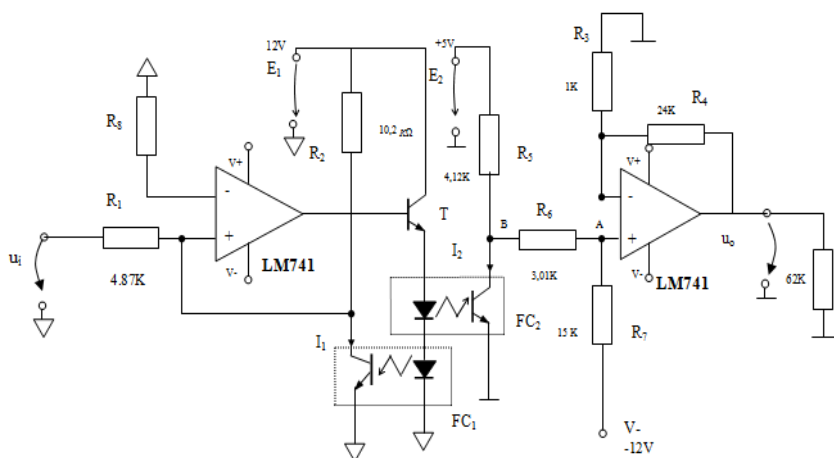


Fig. 5 Circuit de separare galvanică

3. Concluzii

■ Pentru o comandă digitală dată pe 8 biţi corespunzător valorilor zecimale 0-255 s-au obţinut valorile la ieşire corespunzătoare tabelului 1.

■ Din tabelul 1 se constată o variaţie liniară a tensiunii de ieşire funcţie de datele numerice de intrare.

Pentru ieşirea de 5 V s-a obţinut o variaţie între 4,40 – 9,50 V iar pentru ieşirea de 12 V o variaţie între valorile 8,54-19,55 V. La

modificarea consumatorului nu se modifică semnificativ valorile de ieşire, dacă curentul de ieşire nu depăşeşte valoarea prescrisă din proiectare.

■ Întrucât elementul de comutare se află într-una din cele două stări distincte, conducţie respectiv blocare, tensiunea rezultată va avea un important conţinut de armonici superioare.

Ele pot perturba alte echipamente aflate în apropierea stabilizatorului sau se pot propaga în reţeaua de alimentare. Pentru a împiedica pătrunderea în reţea a tensiunilor perturbatoare la intrarea stabilizatorului este obligatorie folosirea unui filtru (filtru de radiofrecvenţă).

Spectrul mare de armonici introduse face ca sursele de comutaţie să fie utilizate în special la puteri relativ reduse.

Tabelul 1

Intrare zecimală	U1[V] (sursa 1)	U2[V] (sursa 2)
0	0	0
50	4.40	8.54
75	5.11	9.92
100	5.98	11.75
125	6.72	13.30
150	7.38	14.69
175	7.95	15.82
200	8.49	16.92
225	8.98	17.91
250	9.44	18.88
255	9.5	19.55
$R_s[\Omega]$	160	300

■ Filtrul LC are o mare importanţă asupra stabilităţii sursei când ea este prevăzută cu un circuit de reglare a tensiunii de ieşire.

Un filtru cu inductivitate mică şi capacitate mare determină o impedanţă mică pentru filtru, ceea ce va permite să se obţină un timp de răspuns redus la modificările bruşte ale parametrilor circuitului de sarcină.

Dacă inductivitatea este prea mică, pot rezulta impulsuri de curent prin diodele redresoare, care să depăşească curentul de vârf efectiv al acestora.

BIBLIOGRAFIE

[1] Popescu, V., *Surse de alimentare neîntreruptibile*, Editura de Vest, Timişoara, 2004.
[2] Muntean, N., *Convertoare statice*, Editura Politehnica Timişoara 1998.
[3] Lascu, D., *Tehnici şi circuite de corecţie activă a factorului de putere*, Editura de Vest, Timişoara, 2004.
[4] Nicolau, Ed., M*anualul inginerului electronist, radiotehnica*, Editura tehnică, 1986.
[5] * * * C*ircuite integrate liniare,* vol.3, seria practică, Editura tehnică, 1985.
[6] Petreuş, D., Lungu,Ș., *Surse în comutatie*, Editura Mediamira, Cluj-Napoca, 1999.
[7] * * * Internet: http://www.onsemi.com/.
[8] * * * Internet: http://www.datasheetcatalog.com/.

Şef lucr.Dr.Ing. Ioan BACIU
Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea „Politehnica” Timişoara, membru AGIR
e-mail: baciu.ioan@fih.upt.ro
Şef lucr.Dr.Ing. Corina Daniela CUNȚAN
Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea „Politehnica” Timişoara, membru AGIR
e-mail: corina.cuntan@fih.upt.ro